

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11353501 A**(43) Date of publication of application: **24.12.99**

(51) Int. Cl.

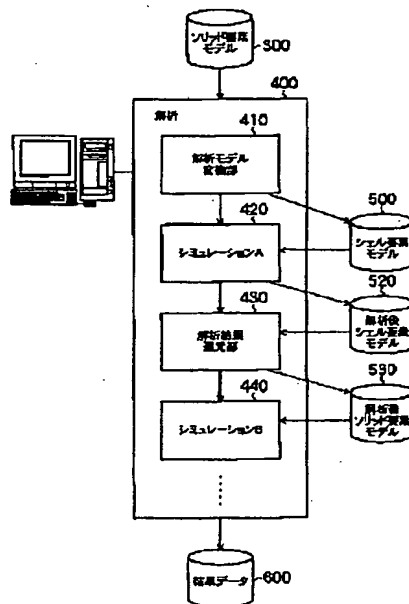
G06T 17/20
G06F 17/50
(21) Application number: **10158049**(22) Date of filing: **05.06.98**(71) Applicant: **CALSONIC CORP**(72) Inventor: **SASAKI YASUHIRO**
FUNATSU TAKASHI
(54) ANALYSIS MODEL CONVERSION METHOD AND
ANALYSIS DATA INTEGRATED MANAGEMENT
SYSTEM

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To unify an analysis model and to share an analysis result by maintaining the corresponding relation between different analysis models and supplying the reduction function of conversion and analysis result between the different analysis models.

SOLUTION: The number of element connections, which shows the number of elements in continuous solid element groups, is obtained on the respective solid elements in an inputted solid model 300. A shell element 500 is generated on a neutral face being the set of intermediate nodes positioned in the solid element group based on position information with the center element of the solid element group as a reference in accordance with the number of the element connections.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-353501

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) IntCl⁴

G 0 6 T 17/20

G 0 6 F 17/50

識別記号

F I

G 0 6 F 15/60

6 1 2 J

6 1 2 H

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平10-158049
 (22) 出願日 平成10年(1998)6月5日

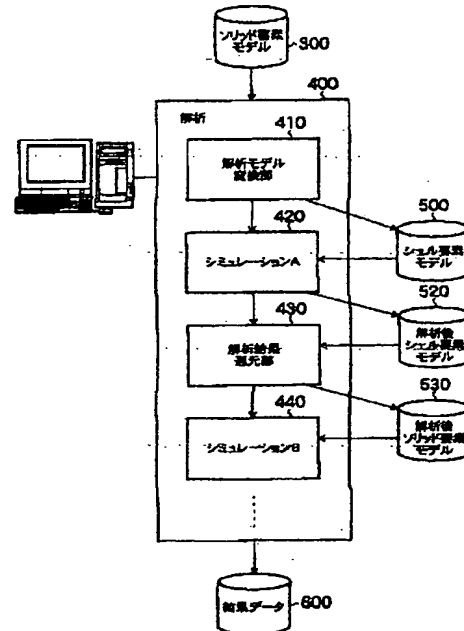
(71) 出願人 000004765
 カルソニック株式会社
 東京都中野区南台5丁目24番15号
 (72) 発明者 佐々木 康裕
 東京都中野区南台5丁目24番15号 カルソ
 ニック株式会社内
 (72) 発明者 船津 貴志
 東京都中野区南台5丁目24番15号 カルソ
 ニック株式会社内
 (74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外8名)

(54) 【発明の名称】 解析モデル変換方法及び解析データ統合管理システム

(57) 【要約】

【課題】 異なる解析モデル間の対応関係を維持して、異なる解析モデル間での変換や解析結果の還元機能を提供して、解析モデルの一元化や解析結果の共有化を図ることにある。

【解決手段】 入力されたソリッドモデル(300)内における各ソリッド要素について、互いに連続するソリッド要素群中の要素数を示す要素接続数を求め、該要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面上にシェル要素(500)の生成を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ソリッド要素からシェル要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、
入力されたソリッドモデル内における各ソリッド要素について、互いに連続するソリッド要素群中の要素数を示す要素接続数を求め、
該要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面上にシェル要素の生成を行うことを特徴とする解析モデル変換方法。

【請求項2】 前記要素接続数は、
前記各ソリッド要素の重心位置の間の距離が相互に所定の閾値内にあるかの判定を行い、
前記距離が前記閾値内にある前記ソリッド要素を選択することにより行われることを特徴とする請求項1記載の解析モデル変換方法。

【請求項3】 前記シェル要素の生成は、
前記要素接続数が3、5、および7の場合にそれぞれ対応する要素交換パターンに基づいて行われることを特徴とする請求項1または2記載の解析モデル変換方法。

【請求項4】 ソリッド要素からシェル要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、
少なくともソリッド要素を構成する節点データ及び要素データを読み込むソリッド情報入力ステップと、
前記入力された節点データから求められる前記各ソリッド要素の重心位置の距離が相互に所定の閾値内にあるソリッド要素をカウントする要素接続数算出ステップと、
該要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面の生成を行い、該中立面の節点データからシェル要素の生成を行うシェル要素生成ステップとを含むことを特徴とする解析モデル変換方法。

【請求項5】 前記シェル要素生成ステップは、さらに、
前記要素接続数が3の場合には、互いに連続するソリッド要素群の中心要素の探索を行うステップと、
該中心要素に基づいて、前記ソリッド要素群の節点の中から、該ソリッド要素群の頂点に位置する節点を抽出するステップと、
前記中心要素に対して対となる前記節点の組み合わせを決定するステップと、
前記対となる2つの節点の midpoint となる節点を生成するステップと、
該 midpoint に基づきシェル要素を生成するステップとを含むことを特徴とする請求項4記載の解析モデル変換方法。

【請求項6】 前記シェル要素生成ステップは、さらに、

前記要素接続数が5および7の場合には、連続するソリッド要素の中心要素及び近接要素の探索を行うステップと、
該近接要素に接し、かつ対応する前記シェル要素が生成済みであるソリッド要素を抽出するステップと、
前記近接要素に接する前記シェル要素の節点と前記中心要素の節点との距離に基づいて抽出された複数の節点から midpoint となる節点を生成するステップと、
該生成された midpoint に基づきシェル要素を生成するステップとを含むことを特徴とする請求項5記載の解析モデル変換方法。

【請求項7】 シェル要素からソリッド要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、
シェル要素とソリッド要素との間の対応関係データに基づいて、

解析の前後における各シェル要素の節点の変位量を、該各シェル要素に対応するソリッド要素の節点の変位量に還元することを特徴とする解析モデル変換方法。

【請求項8】 前記対応関係データは、ソリッド要素からシェル要素への変換の際に得られた対応する節点データ及び要素データであることを特徴とする請求項7記載の解析モデル変換方法。

【請求項9】 シェル要素からソリッド要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、
シェル要素モデルでの解析結果データと、該シェル要素と対応するソリッド要素との間の対応関係データを読み込む入力ステップと、
前記各シェル要素の各節点の変位量を求める変位量算出ステップと、
前記各シェル要素に対応する各ソリッド要素の各節点の変位量を算出する変位量還元ステップとを有することを特徴とする解析モデル変換方法。

【請求項10】 前記変位量還元ステップは、さらに、
前記シェル要素に対応する、互いに連続するソリッド要素群中の要素数を示す要素接続数に基づいて、前記対応するソリッド要素の節点の抽出を行うことを特徴とする請求項9記載の解析モデル変換方法。

【請求項11】 上記解析モデル変換方法は、さらに、
前記ソリッド要素の各節点が重複して移動した際に、各節点についての重複回数に応じて変位量を平滑化するステップを含むことを特徴とする請求項9または10記載の解析モデル変換方法。

【請求項12】 複数の解析モデル間の対応関係データを維持する解析データ統合管理システムであって、
互いに連続するソリッド要素群中の要素数を示す要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面上にシェル要素の生成を行うとともに、前記対応関係データを出力する

解析モデル変換インターフェース部と、前記対応関係データに基づいて、前記シェル要素についての解析結果データを、対応するソリッド要素についての解析結果データに還元する解析結果還元インターフェース部とを少なくとも具備することを特徴とする解析データ統合管理システム。

【請求項13】 複数の解析モデルを用いた複数のシミュレーションを行う統合解析システムであって、それぞれ異なる解析モデルに基づくシミュレーションを行う複数の解析実行部と、ソリッド要素の連続性情報に基づき、該連続するソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面上にシェル要素の生成を行うとともに、前記対応関係データを出力する解析モデル変換インターフェース部と、前記対応関係データに基づいて、前記シェル要素についての解析結果データを、対応するソリッド要素についての解析結果データに還元する解析結果還元インターフェース部とを少なくとも具備し、前記複数の解析実行部は、前記解析モデル変換インターフェース部または前記解析結果還元インターフェース部のいずれかにより変換された解析モデルを入力としてシミュレーションを行うことを特徴とする統合解析システム。

【請求項14】 前記シミュレーションは、成形シミュレーション、構造シミュレーション、および流体シミュレーションのいずれか1つ以上であることを特徴とする請求項13記載の統合解析システム。

【請求項15】 ソリッド要素からシェル要素へのモデル変換を行う解析モデル変換プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、少なくともソリッド要素を構成する節点データ及び要素データを読み込むソリッド情報入力ステップと、前記入力された節点データから求められる前記各ソリッド要素の重心位置の距離が相互に所定の閾値内にあるソリッド要素をカウントする要素接続数算出ステップと、該要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面の生成を行い、該中立面の節点データからシェル要素の生成を行うシェル要素生成ステップとを含むことを特徴とする解析モデル変換プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、解析モデル変換方法及び解析データ統合管理システムに関し、特に、複数のシミュレーションを行う際に、異なる解析モデル間の対応関係を維持して、異なる解析モデル間での変換や解

析結果の還元機能を提供することによって、解析モデルの一元化や解析結果の共有化を図り、もって、高精度かつ迅速な統合的シミュレーション環境を実現するための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、各種製品開発においては、開発支援ツールとして、CAE (Computer Aided Engineering) ツールを用いて、試作、実験に先立って、各種シミュレーションで製品の事前評価を行うことが行われている。こうしたツールの利用は、開発期間短縮や、製品の品質向上、試作工数削減などの目的のためのものである。

【0003】 かかるCAEによる解析は、異なる種類の複数のシミュレーションの実施により行われることが一般的である。すなわち、設計段階における製品の理想形状に対して、使用実環境下での動的変形や反り変形などの変形挙動を併せて考慮する必要がある。このため、それぞれ異なる目的のCAEによるシミュレーションを行うことによって、より精度の高い製品形状が得られるのである。

【0004】 以下に、従来におけるこれら複数のCAEツールを用いた、一般的な解析手順を、図36を用いて説明する。尚、設計対象としては、軸流ファンなどの翼形状の対象物を想定する。

【0005】 図36に示すように、まず、設計段階において、3次元CADツール100などにより形状モデルの作成を行う。次に、プリプロセッサ200により、作成された形状モデルに対して、メッシュ分割などにより要素分割を行い、解析用モデルであるソリッド要素モデル300を生成する。

【0006】 ソリッド要素とは、図37(b)に示すように、4乃至8の節点で構成され、任意の空間内で解析対象物を立方体により定義するものである(図38(a))。尚、ここで、節点とは、FEM基本構成の最小単位であり、節点番号、および座標値(x座標、y座標、z座標)をパラメータとして有する。また、各要素についての物性値は、別途物性値定義テーブル等から参照される。各ソリッド要素は、要素番号、構成節点(1~8)、参照形状テーブル番号、物性値定義テーブル番号などをパラメータとして有する。また、ソリッド要素モデルとは、ソリッド要素の集合体であり、連続して解析モデルを表現するものである。

【0007】 次に、ソルバー(解析ツール)400により、各種シミュレーションの実行を行う。この際に、解析用モデルとして、前述したソリッド要素モデルの他に、シミュレーションの目的によっては、シェル要素モデル500などの異なる解析用モデルが使用されることとなる。

【0008】 すなわち、軸流ファンなどの場合、Plastics-CAEなどの射出成形シミュレーション4

20で反り変形などによる製品形状検討を行う他、さらに、FEMなどの構造シミュレーション440で遠心力や熱変形による変位や応力の検討や、CFDなどによる流体シミュレーション460を行う必要がある。

【0009】しかしながら、各シミュレータの種類によっては、射出成形シミュレーション420や、一部の構造シミュレーション440などのように、解析用モデルとして、シェル要素モデルを使用するものがある。ここで、シェル要素とは、図37(a)に示すように、3乃至4の節点から構成され、任意空間内で解析対象を板形状で定義するものである(図38(b))。シェル要素自らは、板状の空間しか定義できないため、製品の有する板厚については、別途形状テーブルなどの情報を参照し、各要素の物性値は、別途物性値テーブルなどの各種属性テーブル600を参照する。各シェル要素は、要素番号の他、構成節点(1~4)、参照形状テーブル番号、物性値定義テーブル番号をパラメータとして有する。

【0010】シェル要素モデルは、板状であるため、ソリッド要素のようにマスプロパティの情報は持たないが、特に、解析対象が薄い板状の成型品である場合には、少ないデータ量で迅速なシミュレーションが行えるので、一般に用いられているモデルである。

【0011】こうした異なる解析モデルが混在するCAE環境下では、各解析モデルは各シミュレータ用に別個独立に作成され、それぞれ独立した解析結果700を得ていた。

【0012】そして、かかる解析結果データ700を用いて、最終的には性能の確認のため、製品の試作および台上試験などの検証実験を行い、所望の性能が得られなかった場合には、再び設計段階からのやり直しを行っていたのである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のCAEでの解析の手法には、以下の問題点があった。

【0014】即ち、互いに異なる解析用モデルが混在しているため、1のシミュレーションで得られた結果を、他のシミュレーションに対する入力とすることができなかった。つまり、異なる解析用モデル間でのデータの変換、共用ができなかったのである。ここで、ソリッド要素モデルをシェル要素モデルに変換するために、ソリッドモデルのサーフェスデータ(上面データ)を用いてシェル要素を生成する手法は従来にも存在した。しかしながら、かかる手法では、単なる板状体の形状に対しては適用できても、通常の成型品の有するリブ部分(つなぎ部分)についてのシェル要素生成ができない。このため、全体形状における連続性がリブ部分についてとぎれてしまい、かかる手法を実用に応用することが困難であった。

【0015】このように、従来では異なる解析用モデル間でのデータの変換、共用ができなかったために、第1には、各シミュレーション用に解析用モデルを別個独立に作成、入力が必要となっていた。従って、各シミュレーションを迅速に行うことが困難であった。

【0016】また、第2には、1のシミュレーションの結果を他のシミュレーションに反映することができなかったため、シミュレーション全体の精度が低下していた。

【0017】これらの要因により、結果的に設計変更、試作実験が頻発し、開発の長期化、製品の品質低下を招いていた。

【0018】以上のように、本発明は、従来技術における、複合的シミュレーション環境において、異なる解析用モデル間での変換、データ共用ができなかったために、製品についてのシミュレーション全体が長期化するとともにその精度が低下していたという問題点を解決するためになされたものである。

【0019】そして、その目的とするところは、異なる解析用モデル間でのデータ変換機能を、形状の連続性を維持しつつ提供することによって、シミュレーションにおける解析モデルの一元化を図り、迅速かつ高精度の統合シミュレーションを可能とする解析モデル変換方法及び解析データ統合管理システムを提供することにある。

【0020】また、他の目的は、異なる解析用モデルを用いるシミュレーションの間でのシミュレーション結果(変位量)の還元機能を提供することによって、各シミュレーション結果の共有化を図り、迅速かつ高精度の統合シミュレーションを可能とする解析モデル変換方法及び解析データ統合管理システムを提供することにある。

【0021】また、他の目的は、異なる解析モデル間でのデータのインターフェースを提供することによって、異なる解析モデルの一元化とシミュレーション結果の共有化を図り、各シミュレーション相互間の連携を実現することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記の課題を達成するため、本発明は、異なる解析モデルを用いる複数のシミュレーション間に、2つのレベルのインターフェースを提供するものである。

【0023】即ち、本発明の第1の特徴は、ソリッド要素からシェル要素への、形状の連続性を維持したモデルの自動変換を行う点にある。即ち、要素の連続性に従って、ソリッド要素群の内部に、中間節点を生成し、かかる中間節点の集合から新規シェル要素を生成する点にある。

【0024】また、第2の特徴は、シェル要素での解析結果をソリッド要素に対して還元する点にある。即ち、ソリッド要素とシェル要素との間の対応関係を用いて、対応する節点に対して変形による移動量を還元する点に

ある。

【0025】かかる機能を実現するために、請求項1の発明は、ソリッド要素からシェル要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、入力されたソリッドモデル内における各ソリッド要素について、互いに連続するソリッド要素群中の要素数を示す要素接続数を求め、該要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面上にシェル要素の生成を行うことを特徴とするものである。

【0026】上記構成によれば、ソリッド要素間の要素接続数に応じて、ソリッド要素の内部に位置する中立面上に新規シェル要素の生成を行うことが可能となる。つまり、形状の連続性を維持しつつ、シェル要素モデルへの変換を簡易に行うことが可能となるのである。

【0027】また、請求項2の発明においては、前記要素接続数は、前記各ソリッド要素の重心位置の間の距離が相互に所定の閾値内にあるかの判定を行い、前記距離が前記閾値内にある前記ソリッド要素を選択することにより行われることにより、ソリッド要素の連続性判定を、節点情報に基づき、容易に行うことが可能となるのである。

【0028】また、請求項3の発明においては、前記シェル要素の生成は、前記要素接続数が3、5、および7の場合にそれぞれ対応する要素変換パターンに基づいて行われることにより、通常3重結合の場合を基準として、さらに、リブ部位に対応した、T字結合、十字結合部分についても、各種形状に対応した精度の高いモデル変換を行うことが可能となるのである。

【0029】また、請求項4の発明においては、ソリッド要素からシェル要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、少なくともソリッド要素を構成する節点データ及び要素データを読み込むソリッド情報入力ステップと、前記入力された節点データから求められる前記各ソリッド要素の重心位置の距離が相互に所定の閾値内にあるソリッド要素をカウントする要素接続数算出ステップと、該要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面の生成を行い、該中立面の節点データからシェル要素の生成を行うシェル要素生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0030】上記構成によれば、ソリッド要素間の要素接続数に応じて、ソリッド要素の内部に位置する中立面上に新規シェル要素の生成を行うことが可能となる。つまり、形状の連続性を維持しつつ、シェル要素モデルへの変換を簡易に行うことが可能となるのである。

【0031】また、請求項5の発明においては、前記シェル要素生成ステップは、さらに、前記要素接続数が3

の場合には、互いに連続するソリッド要素群の中心要素の探索を行うステップと、該中心要素に基づいて、前記ソリッド要素群の節点の中から、該ソリッド要素群の頂点に位置する節点を抽出するステップと、前記中心要素に対して対となる前記節点の組み合わせを決定するステップと、前記対となる2つの節点の midpoint となる節点を生成するステップと、該 midpoint に基づきシェル要素を生成するステップとを含むことを特徴とする。

【0032】上記構成によれば、要素接続数が3の場合の3重結合について、近接する3つのソリッド要素の内部の中立面上に存在するシェル要素を生成することが可能となる。つまり、形状の連続性を維持しつつ、平面形状についてのシェル要素への変換を簡易に行うことが可能となるのである。

【0033】また、請求項6の発明においては、前記シェル要素生成ステップは、さらに、前記要素接続数が5および7の場合には、連続するソリッド要素の中心要素及び近接要素の探索を行うステップと、該近接要素に接し、かつ対応する前記シェル要素が生成済みであるソリッド要素を抽出するステップと、前記近接要素に接する前記シェル要素の節点と前記中心要素の節点との距離に基づいて抽出された複数の節点から midpoint となる節点を生成するステップと、該生成された midpoint に基づきシェル要素を生成するステップとを含むことを特徴とする。

【0034】上記構成によれば、要素接続数が3の場合の3重結合を基本として、さらに、T字結合、十字結合の部分が付加したシェル要素を生成することが可能となる。つまり、形状の連続性を維持しつつ、リブ部位についてのシェル要素への変換をも簡易に行うことが可能となるのである。

【0035】また、請求項7の発明においては、シェル要素からソリッド要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、シェル要素とソリッド要素との間の対応関係データに基づいて、解析の前後における各シェル要素の節点の変位量を、該各シェル要素に対応するソリッド要素の節点の変位量に還元することを特徴とする。

【0036】上記構成によれば、シェル要素に基づく解析結果の変位量のみを、対応するソリッド要素に対して反映することが可能となる。つまり、異なる解析モデルを用いるシミュレーションの間でのシミュレーション結果をフィードバックすることが可能となるのである。

【0037】また、請求項8の発明においては、前記対応関係データは、ソリッド要素からシェル要素への変換の際に得られた対応する節点データ及び要素データであることにより、シェル要素とソリッド要素間の対応関係を、容易に利用することが可能となる。

【0038】また、請求項9の発明においては、シェル要素からソリッド要素へのモデル変換を行う解析モデル変換方法であって、シェル要素モデルでの解析結果デー

タと、該シェル要素と対応するソリッド要素との間の対応関係データを読み込む入力ステップと、前記各シェル要素の各節点の変位量を求める変位量算出ステップと、前記各シェル要素に対応する各ソリッド要素の各節点の変位量を算出する変位量還元ステップとを有することを特徴とする。

【0039】上記構成によれば、シェル要素に基づく解析結果の変位量のみを、対応するソリッド要素に対して反映することが可能となる。つまり、異なる解析モデルを用いるシミュレーションの間でのシミュレーション結果をフィードバックすることが可能となるのである。

【0040】また、請求項10の発明においては、前記変位量還元ステップは、さらに、前記シェル要素に対応する、互いに連続するソリッド要素群中の要素数を示す要素接続数に基づいて、前記対応するソリッド要素の節点の抽出を行うことにより、要素変換パターンに基づいて、一義的に対応するソリッド要素の節点を抽出することが可能となるのである。

【0041】また、請求項11の発明においては、上記解析モデル変換方法は、さらに、前記ソリッド要素の各節点が重複して移動した際に、各節点についての重複回数に応じて変位量を平滑化するステップを含むことにより、より精度の高いフィードバックが可能となる。

【0042】さらに、請求項12の発明においては、複数の解析モデル間の対応関係データを維持する解析データ統合管理システムであって、互いに連続するソリッド要素群中の要素数を示す要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面上にシェル要素の生成を行うとともに、前記対応関係データを出力する解析モデル変換インターフェース部と、前記対応関係データに基づいて、前記シェル要素についての解析結果データを、対応するソリッド要素についての解析結果データに還元する解析結果還元インターフェース部とを少なくとも具備することを特徴とする。

【0043】上記構成によれば、異なる解析モデルを用いる複数のCAEにおけるシミュレーション間での解析データの共有化、一元管理が可能となるのである。

【0044】また、請求項13の発明においては、複数の解析モデルを用いた複数のシミュレーションを行う統合解析システムであって、それぞれ異なる解析モデルに基づくシミュレーションを行う複数の解析実行部と、ソリッド要素の連続性情報に基づき、該連続するソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面上にシェル要素の生成を行うとともに、前記対応関係データを出力する解析モデル変換インターフェース部と、前記対応関係データに基づいて、前記シェル要素についての解析結果データを、対応するソリッド要素

についての解析結果データに還元する解析結果還元インターフェース部とを少なくとも具備し、前記複数の解析実行部は、前記解析モデル変換インターフェース部または前記解析結果還元インターフェース部のいずれかにより変換された解析モデルを入力としてシミュレーションを行うことを特徴とする。

【0045】上記構成によれば、異なる解析モデルを用いる複数のCAEにおけるシミュレーションの相互の連携活用を図ることが可能になるのである。

【0046】また、請求項14の発明においては、前記シミュレーションは、成形シミュレーション、構造シミュレーション、および流体シミュレーションのいずれか1つ以上であることにより、特に、翼形状の成型品について、上述の連携シミュレーションによる効果を楽しむことが可能となる。

【0047】また、請求項15の発明に係る記録媒体によれば、ソリッド要素からシェル要素へのモデル変換を行う解析モデル変換プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、少なくともソリッド要素を構成する節点データ及び要素データを読み込むソリッド情報入力ステップと、前記入力された節点データから求められる前記各ソリッド要素の重心位置の距離が相互に所定の閾値内にあるソリッド要素をカウントする要素接続数算出ステップと、該要素接続数に対応して、前記ソリッド要素群の中心要素を基準とする位置情報に基づいて、前記ソリッド要素群の内部に位置する中間節点の集合である中立面の生成を行い、該中立面の節点データからシェル要素の生成を行うシェル要素生成ステップとを含むことを特徴とする。

【0048】上記構成によれば、ソリッド要素間の要素接続数に応じて、ソリッド要素の内部に位置する中立面上に新規シェル要素の生成を行うことが可能となる。つまり、形状の連続性を維持しつつ、シェル要素モデルへの変換を簡易に行うことが可能となるのである。また、係る記憶媒体中のプログラムをコンピュータにロードして、当該機能を実現することが可能となる。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0050】第1の実施形態

本発明の実施形態の構成は、図1に示すように、ソリッド要素から対応するシェル要素の生成を行う解析モデル変換部410と、シェル要素による解析前後における変位量を、対応するソリッド要素モデルに対して還元する解析結果還元部430とに大別される。第1の実施形態は、このうち、解析モデル変換部410により実現される。

【0051】解析モデル変換部410は、要素分割された解析対象についてのソリッド要素モデル300の入力を受けて、これに対応するシェル要素モデル500を生

成し、ファイル等に出力する。

【0052】本実施形態に係る解析モデル変換方法及び解析データ統合管理システムは、上記のように構成されており、以下、その処理の流れにつき、説明する。

【0053】本実施形態は、解析対象として、軸流ファンを想定するが、本実施形態の適用対象はこれに限定されるものではないことは、言うまでもない。

【0054】解析対象の成型品を軸流ファンとした場合、CAEにより必要となるシミュレーションは、具体的には、まず、射出成形時に生じる反り変形を解析する成形シミュレーションを行う。そして、成形シミュレーションの結果により得られた翼形状を基に遠心力、熱変形による変位、応力を、構造解析シミュレーションによって解析する。さらに、構造解析シミュレーションによって得られた翼形状を、流体解析シミュレーションによって空間側から解析する手順となる。

【0055】この場合、一般に、第一に行われる成形シミュレーション、及び構造解析シミュレーションの一部では、シェル要素モデルが使用され、一方、構造解析シミュレーションの一部、及び流体シミュレーションでは、ソリッド要素モデルが使用される。

【0056】第1の実施形態は、例えば、図3(a)に示すようなソリッド要素モデルを、図3(b)に示すようなシェル要素モデルに自動変換を行うものである。

【0057】図2に、モデル変換機能の処理概要のフローチャートを示す。

【0058】図2に示すように、本実施形態に係るモデル変換機能においては、まず、入力されたソリッド要素モデルの節点情報、及び要素情報を読み込み、適宜記憶手段(図示せず)に保管する(S100)。尚、ここで入力されるソリッド要素モデルは、3次元CADにより入力された形状を基に、マップドメッシュを施すことによって、6面体のソリッド要素に要素分割を行ったものである。ソリッド要素についての節点情報および要素情報の詳細については、図5に示す。節点情報とは、当該節点の識別子である節点番号、及び座標データである。また、要素情報とは、当該要素の識別子である要素番号、及び、当該要素を構成する8つの節点データである。

【0059】次に、入力された全てのソリッド要素についての重心位置を算出、保持する(S200)。

【0060】そして、各ソリッド要素の重心位置のデータに基づき、各ソリッド要素間の重心位置同士の距離が、所定の閾値内にあるか否かを判断することによって、各ソリッド要素相互間の連続性判定を行う。こうして連続性判定によって、連続すると判断されたソリッド要素を抽出し、相互に要素がいくつ連続しているか、のデータを、要素接続数として算出、保持する(S300)。かかる要素接続数算出の詳細については、後述する。

【0061】このように求められた要素接続数に応じて、図4に示す、予め定義されている要素変換パターンに従って、連続する複数のソリッド要素(以下、ソリッド要素群と称する)について、内部に新たに中立面を生成し、かかる中立面上に新規シェル要素を生成する(S400)。ここで、図4(a)はソリッド要素の3重結合、図4(b)はT字結合、図4(c)は十字結合についての要素変換パターンを示す。尚、かかるパターンに従ったシェル要素生成についても、後述する。

【0062】最後に、生成された新規シェル要素についての、新たな節点情報、要素情報を所定のファイルに対して出力する(S500)。図5に示すように、シェル要素についての節点情報とは、ソリッド要素の節点情報と同様に、節点番号、及び座標データである。また、新要素情報とは、要素番号、当該シェル要素を構成する1~4の節点番号、当該シェル要素に対応するソリッド要素番号、及びソリッド要素のときに有していた板厚データなどを保持する形状テーブル番号などである。

【0063】次に、図2のステップS300で行われる要素接続数算出処理の詳細について、図6に基づき説明する。

【0064】この処理は、関数の引数を、SDEL_n、節点情報、要素情報とし、全ソリッド要素について、ソリッド要素の重心位置EL_Grav()と、要素接続数EL_Coin()を求める処理である。

【0065】まず、入力ソリッドモデルの要素数を、変数SDEL_n(図5参照)にセットする(S202)。また、連続性判定の閾値とするソリッド要素間の公差を、変数EL_Tlrcにセットする(S204)。かかる公差は、例えば、製品の板厚をユーザーに人力させ、かかる板厚データを基準として設定してもよい。かかる公差は製品形状などの特性により、適宜定められるが、本実施形態では、製品板厚に対してソリッド要素を3分割でメッシュを切った場合、入力板厚×0.425を公差としている。

【0066】次に、全ソリッド要素について、そのソリッド要素を構成する8節点の座標データから、重心位置を求める。そして、求めた重心位置の座標データを、ベクトルとして、EL_Grav()に保持する(S206)。

【0067】次に、各ソリッド要素について求めた重心位置データを基に、全ソリッド要素について、当該ソリッド要素の周りに位置するソリッド要素接続数を算出し、配列EL_Coin()にセットする(S302~S312)。尚、全要素とも、要素接続数の初期値は0である。具体的には、各ソリッド要素間の距離を、それぞれの重心位置データから算出する(S304~S308)。そして、得られたソリッド要素間の距離が、閾値である公差(近接公差)の範囲内にあるか否かの判定を行う(S310)。ここで、距離が公差の範囲内にな

かった場合には、次の要素についての処理に進む。一方、距離が公差の範囲内であった場合には、現在の要素接続数を1インクリメントして、接続している要素番号を、配列EL_Coin()に配列保持する。以上の処理を、全ソリッド要素について、繰り返す。

【0068】次に、得られた要素接続数に基づいて、パターンに従った新規シェル要素の生成処理の詳細について、説明する。

【0069】このシェル要素生成処理の基本的な概念は、以下のとおりである。即ち、各要素交換パターンに従い、ソリッド要素群の中心要素（即ち、図7に示すように、要素群の中心に位置するソリッド要素）をまず探索し、この中心要素に対してソリッド要素群の頂点に位置する節点（端点）を抽出して、対となる端点同士の間位置する節点（中点）を新たに設ける。そして、この中点の集合をそのソリッド要素の中立面として、かかる中立面上の節点から新たなシェル要素を生成する。

【0070】図8に示すように、シェル要素生成処理では、各ソリッド要素について、要素接続数が、3、5、または7の場合について、対応するシェル要素の生成を行う。この処理における関数の引数は、SDEL_n、節点情報、要素情報、およびS206で得られたEL_Grav()、EL_Coin()である。そして、全ソリッド要素について、EL_Coin()にある要素接続数を基に、新規シェル要素と中間節点を生成する。また、同時に、新規シェル要素数であるSHEL_nと、中間節点数であるSHND_nとを記憶手段に保持する。

【0071】そして、まず、要素接続数が3である場合には、図8のS420の処理を行い、さらに、要素接続数が5、7の場合にも、対応するS440、S460の処理を行う。この処理のさらに詳細については、後述する。そして、最後に、新節点情報の更新処理（S480）を行う。かかる処理は、関数の引数として、SDEL_n、中間節点情報、新要素情報、EL_Grav、EL_Coinを用いる。即ち、上述の処理で作成された段階の新節点情報は、節点座標が重複し、また、節点番号が不連続である。従って、この節点座標の重複を解消し、また節点番号を連番などに更新して、これら新節点情報、新要素情報として保持する。

【0072】次に、要素接続数が3の場合の処理（図8のS420）の詳細について、図12に基づき説明する。要素接続数が3である場合には、まず、ソリッド要素群の中の中心要素を探索する（S422）。図9に2次元で示すように、黒丸で示すのが書く要素の重心位置であり、連続する要素中で、灰色とされた要素が中心要素、一方、白色とされた要素が近接要素である。また、後で説明する中心要素からみて端部に位置する節点（端点）は、濃い星印で示される節点である。

【0073】これを3次元で説明すると、要素接続数が

3である場合には、EL_Coin()は、{要素番号、SDEL1、SDEL2、SDEL3}であるので、図13(a)、(b)、(c)に示すような3通りの要素番号の組み合わせが生じることとなる。この組み合わせの中から、挟まれる要素の要素番号を抽出する。

【0074】次に、ソリッド要素群中で近接要素の頂点となる節点の抽出を行う（S424）。要素接続数が3の場合、図14に示すように、ソリッド要素群が関連する節点は、16個となる。この中から、挟まれる要素（SDEL2）の重心位置から、距離の遠い順に、8の節点が抽出される（sdND1、sdND2・・・sdND8）。

【0075】次に、抽出した頂点から、対となる頂点の組み合わせを決定する（S426）。即ち、図15に示すように、中心要素（挟まれる要素）のSDEL2を基準として、対となる頂点の組み合わせを決定する。具体的には、まず、図15の中心要素であるDEL2以外の一方の近接要素のSDEL1に含まれる節点sdND1に対応する、他方の近接要素のSDEL3に含まれる節点sdND2を探索する。

【0076】節点sdND1に対し、SDEL3={sdND2、sdND3、sdND4、sdND8}の中から、最も近い節点sdND2を、sdND1に対する組み合わせの相手方の節点とする。

【0077】同様に、SDEL1={sdND1、sdND5、sdND6、sdND7}に対して、組み合わせを選定する。

【0078】そして、対となる組み合わせの頂点から、新たな中間節点を生成する（S428）。即ち、図16に示すように、例えば、対となるsdND1とsdND2の座標の中点に、shND1を作成する。そして、shND1についての情報として、新節点番号と、xyz座標を保持する。

【0079】そして、最後に、かかる中間節点から、ソリッド要素の中立面上のシェル要素を新規に作成する（S430）。即ち、shND1～shND4により、3次元空間内で一定方向（本実施形態の場合は反時計回り）に中間節点を抽出する。この場合、一定方向性が保たれることによって、生成シェル要素のどちら側が空間または実体なのかの情報が維持されることとなる。そして、新要素情報={新要素番号、shND1、・・・shND1、・・・}として、記憶手段に保持する。

【0080】次に、要素接続数が5の場合の処理（図8のS440）の詳細について、図18に基づき説明する。要素接続数が5である場合には、図10に示すように、中心要素及び、さらにT字要素を探索し、これに基づいて、6隅の頂点にある節点を抽出し、この抽出された端点に基づいてシェル要素の生成を行う。図10に2次元で示すように、要素接続数5の場合にも、連続する要素中で、灰色とされた要素が中心要素、一方、白色と

された要素が近接要素である。また、後で説明する中心要素からみて端部に位置する節点(端点)は、濃い星印で示される節点である。

【0081】図18に示すように、まず、最初に、要素接続数3の場合と同様、中心要素の探索を行う(S442)。即ち、図19に示すように、接続数5の要素をSDEL1とし、このSDEL1と4節点を共有する要素であるSDEL11~SDEL14を探索する。そして、このSDEL11~SDEL14の近接要素と節点の情報を、配列{Tmp_ELND1()}として保持する。

【0082】次に、このように抽出した近接要素SDEL11~SDEL14に対して、それぞれ4節点を共有し(図20)、かつ要素接続数3についての処理のステップで、新規シェル要素SHEL1~SHEL3が作成済みである(図21)SDEL11a、SDEL12a、SDEL14aを周辺T字要素として抽出する(S444)。同時に、接するシェル要素SHEL1~3の要素情報及び節点情報を、配列{Tmp_ELND2()}として保持する。

【0083】次に、新規に接続の対象となるシェル要素の節点を抽出する(S446)。即ち、SHEL1を例とすると、SHEL1について、図22中のshND1、2に該当する節点を、Tmp_ELND2()のデータに基づいて、中心要素SDEL1の重心位置から距離が最も近い2節点を抽出する。つまり、図22においては、全部で6隅の節点がここで抽出される。

【0084】次に、生成される新規シェル要素を構成する中間節点を生成する(S448)。即ち、図23に示すように、SDEL1を構成する8節点の中から、shND1に最も近い順に、4節点が抽出される。そして、抽出された4節点の重心位置に、図23の星印で示すshND3が生成される。同様に、shND2~shND4についても処理がされる。

【0085】最後に、生成された中間節点から、新規シェル要素を生成する(S450)。即ち、図24に示すように、shND1~4を用いて、新規シェル要素SHEL5が生成される。つまり、shND1~shND4の節点情報から、3次元空間内で、一定方向(本実施形態の場合は半時計回り)に中間節点が抽出される。そして、これら中間節点の情報から、新たなシェル要素情報として、{新要素番号、shND1、...shND4、...}として保持する。

【0086】S446~S450の処理を、SHEL2~3についても同様に行うことで、ソリッド要素に対応するシェル要素が生成される。

【0087】次に、要素接続数が7の場合の処理(図8のS460)の詳細であるが、要素接続数が7の場合には、図25に示すように、基本的な処理は図18に示す要素接続数が5の場合と同様である(S462~S47

0)。但し、要素接続数が7の場合には、ステップS464において抽出される近接要素の数が異なる。具体的には、図11に示すように、リップ部位についての突き合わせ部分として、図4(c)に示す十字結合の場合と、要素接続数5の場合のT字結合(図4(b))に前後の與行き方向にシェル要素が接する場合とが存在するが、いずれも異なる方向からそれぞれメッシュを発生させた場合に、その整合性をとる部分に該当する。

【0088】また、ステップS446においては、全部で8隅の節点が抽出されることとなる。そして、S468において、8節点の重心位置に、中間節点を生成して、シェル要素を生成することとなる。

【0089】尚、上述した解析モデル変換方法および解析モデルデータ管理システムは、通常のコンピュータシステムのハードウェア構成により、実現することができる。また、本実施形態においては、かかる機能を、Visual Basicにより実現したが、実現するための言語がこれに限定されるものではないことはいうまでもない。

【0090】尚、上述した解析モデル変換方法および解析モデルデータ管理システムを実現するためのプログラムは、メモリ装置、磁気ディスク装置、光ディスク装置などの各種記録媒体に保存することができる。かかる記録媒体をコンピュータにより読み出し、当該プログラムを実行することにより、本発明を実施することができるのである。

【0091】第1の実施形態によれば、以下のような効果が得られる。

【0092】即ち、異なる解析用モデル間での形状の連続性を維持した、ソリッド要素からシェル要素へのモデルデータ変換が自動的に行えるので、CADによる形状モデルから1のソリッド要素モデルを作成するのみでよい。従って、各シミュレーション用に別個に解析用モデルを作成、入力することが不要となる。

【0093】また、1の入力解析モデルに対して、複数のシミュレーションの結果を次々に反映させていくこととなるので、1のシミュレーション結果を考慮して、その変形結果に基づいて他のシミュレーションを行うことができる。従って、より高精度のシミュレーション結果を、迅速に得ることができる。

【0094】第2の実施形態

以下、本発明の第2の実施形態について、第1の実施形態と異なる点についてのみ、図面を用いて詳細に説明する。

【0095】第2の実施形態は、第2のレベルの変換機能として、シェル要素からソリッド要素に対して、解析結果の還元機能を提供するものである。本機能は、例えば、図27(a)に示すようなシェル要素モデルで行われた解析における変位量を、図27(b)に示すようなソリッド要素モデルに対して還元を行うものである。変

位置が影響を及ぼした部分は、図27(b)中の薄線部分で示される。

【0096】第2の実施形態は、図1に示す解析結果還元部430により実現される。解析結果還元部430は、シミュレーションA420等による解析後のシェル要素モデル520の入力を受けて、解析の前後における変位量を、対応するソリッド要素に対して還元し、解析後ソリッド要素モデル530を出力する。

【0097】図26に、解析結果還元機能の処理概要のフローチャートを示す。

【0098】図26に示すように、本実施形態に係る解析結果還元機能においては、第1に説明したモデル変換機能の実行の際に、保持記憶した、ソリッド要素とシェル要素との対応関係や、中心要素と各近接要素についての対応関係を用いて、より簡易に還元機能を実現している。但し、これは、必ずしも、解析結果還元機能が、上述したモデル変換機能を前提とすることを意味するものではなく、予め何らかによりかかる対応関係情報が蓄積されていれば足りる。

【0099】図26に示すように、本実施形態においては、まず、モデル変換時のデータ、即ちソリッド要素の節点情報、要素情報、およびシェル要素の新節点情報、新要素情報と、先に行われた解析結果のファイルを読み込む(S600)。次に、各シェル要素についての節点移動量を計算する(S650)。即ち、図28に示すように、まず、全シェルモデルの要素数を、変数SHEL_nにセットする(S652)。次に、全シェル要素についての、節点移動量(変位量)の一覧を作成する(S654)。

【0100】次に、要素接続数に応じて、対応するソリッド要素の節点を移動する(S700)。即ち、図29に示すように、全シェル要素について、要素接続数が3、5、または7の場合に、対応する解析結果還元処理を行う(S720、S740、S760)。かかる解析結果還元処理の関数の引数は、SDEL_n、新節点情報、新要素情報、節点情報、要素情報、EL_Grav()、EL_Coin()、NDMV_cnt()である。NDMV_cnt()とは、各節点についての移動の重複する回数をカウントするカウンタである。それぞれの処理では、要素接続数のパターンに応じて、対応するソリッド要素の節点を移動する。

【0101】まず、要素接続数が3の場合における処理を説明する。図30に示すように、まず処理対象であるシェル要素に対応するソリッド要素を、入力された対応関係データを用いて抽出する(S722)。そして、シェル要素についての変位量を、対応するソリッド要素に対して適用する(S724)。図31を用いて具体的に説明する。図31に示すように、要素接続数3の場合には、シェル要素の節点shND1に対するソリッド要素の節点sdND1から4を抽出する。ここでは、sdND1

1~4の抽出は、3つのソリッド要素によりなるソリッド要素群を構成する節点の中で、距離が近い4節点が抽出される。

【0102】次に、shND1の変位量を、対応するsdND1~4に加算適用する。同時に、移動した各sdND1~4のNDMV_cnt()を1インクリメントする。shND1に対して行われた上記の処理を、shND2~4に対しても同様に行う。

【0103】次に、要素接続数が5の場合における処理を説明する。図33に示すように、まず、中心要素の周辺のシェル要素を抽出する(S742)。即ち、図34に示すように、中心要素SDEL1と、周りの4要素の要素情報及び節点情報を一時保持する。そして、SDEL1に関連して作成されたシェル要素SHEL1~3の新要素情報と新節点情報も、同時に、一時的に保持する。次に、対応するソリッド要素の抽出を行う(S744)。即ち、図35に示すように、シェル要素の節点shND1に対し、ソリッド要素のsdND1~4を抽出する。ここでは、sdND1~4の抽出は、3要素を構成する節点中で、距離が近い4節点を抽出することにより行われる。そして、シェル要素変位量を、対応ソリッド要素に適用する(S746)。即ち、節点shND1の移動量(変位量)を、sdND1~4に加算適用する。同時に、sdND1~4のNDMV_cnt()を1インクリメントする。shND1に対して行われた上記の処理を、shND2~4に対しても同様に行う。

【0104】要素接続数が7の場合における処理は、図35に示すように、要素接続数が7であった場合のソリッド要素とシェル要素との対応関係に基づいて変位量を適用することになる。即ち、処理概要は要素接続数が5の場合の処理と同様である(S762~S766)。

【0105】そして、各節点について、移動を行った後に、重複して移動した節点についての移動量の平滑化を行う(図27のS800)。即ち、S700における節点移動の処理では、ソリッド要素の節点が重複して移動されているため、NDMV_cnt()に保持されている重複回数によって移動量を除算し、平滑化を行うものである。かかる平滑化処理を行う関数の引数は、SDEL_n、節点情報、要素情報、NDMV_cnt()である。

【0106】また、かかる解析結果還元処理(S650~S700)の変形例として、中心要素及び近接要素に対応するソリッド要素の各節点の回転成分を求め、回転系座標に置き換えて回転を加えることによって、同様の結果を得ることができる。

【0107】但し、この変形例においても、各種の解析実行での変形によって、ソリッド要素の各面にそれぞれ伸長や緊縮が生じる場合には、S800における平滑化の処理で、かかる差分を吸収する必要がある。

【0108】また、平滑化処理における情報を、形状モ

デルからソリッド要素モデルを作成する際の要素へのメッシュ分割にフィードバックしてもよい。

【0109】最後に、図26のS900に示すように、対応するソリッド要素の節点情報、要素情報をファイルなどに出力して、処理が終了する。

【0110】尚、こうした解析結果の異なるシミュレーションへの受け渡しについては、例えば、構造シミュレーションから流体解析シミュレーションに対しては、既存の技術として、STLファイル形式での転送による方式がある。かかるSTLファイルによる受け渡しは、但し、ソリッド要素モデルの表面データについてしか受け渡すことができない。空間側を解析する流体シミュレーションの場合は、内部データは不要であるため、かかるSTLファイル形式での受け渡しで足りるのである。

【0111】このようにして、成形シミュレーションから構造シミュレーションを経て、最終的にこれらのシミュレーション結果を考慮して流体シミュレーションによって形状を決定することが可能となる。

【0112】第2の実施形態によれば、以下のような効果が得られる。

【0113】即ち、シェル要素により行った解析結果を、異なる解析用モデルであるソリッド要素を用いるシミュレーションに対して、そのシミュレーション結果(変位量)をフィードバック(還元)することができる。このため、次のシミュレーションに影響を及ぼす範囲についてのデータのみの少量のデータ量を受け渡して、連携した複合シミュレーションを維持することができる。従って、やはりより高精度のシミュレーション結果を、より迅速に得ることができる。

【0114】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、以下に記載されるような効果を奏する。

【0115】即ち、本発明においては、異なる解析用モデル間での形状の連続性を維持した、ソリッド要素からシェル要素へのモデルデータ変換の機能を提供する。このため、シミュレーションにおける解析モデルの一元化を図り、迅速かつ高精度の統合シミュレーションが可能となる。これにより、1のシミュレーションによる変形を考慮した形状によって、他のシミュレーションを行うことが可能となり、シミュレーションの迅速化および精度の向上を図ることが可能となるという効果が得られる。また、かかるシミュレーションは、異なる目的の複合的シミュレーションのみならず、シェル要素を用いた単体シミュレーションに対しても適用することができる。

【0116】また、異なる解析用モデルを用いるシミュレーションの間でのシミュレーション結果の還元機能を提供する。このため、各シミュレーション結果の共有化を図り、やはり迅速かつ高精度の統合シミュレーションを行うことが可能となる。

【0117】また、異なる解析モデル間でのデータのインターフェースを提供することによって、異なる解析モデルの一元化とシミュレーション結果の共有化を図り、各シミュレーション相互間の連携が実現される。

【0118】このように、本発明を用いれば、異なる解析モデルを用いるシミュレーション環境における各シミュレーションの間の連携環境を提供することとなる。従って、各シミュレーション間の連携により、設計変更や試作、検証実験を最小限に押さえられる。つまり、製品の開発期間の短縮、試作工数の削減、および製品の品質向上が実現することができるのであり、産業上その効果の極めて大きい発明である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る解析モデルデータ管理システムの機能構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態に係る解析モデル変換方法の処理概要を示すフローチャートである。

【図3】解析モデルであるソリッド要素モデル及びシェル要素モデルを示す図である。

【図4】本発明の実施形態で使用される要素変換パターン(通常3重結合、T字結合、十字結合)を示す図である。

【図5】本発明の実施形態で使用されるグローバル変数、ベクトル配列、配列の定義を示す図である。

【図6】本発明の実施形態に係る解析モデル変換方法における要素接続数算出の処理詳細を示すフローチャートである。

【図7】ソリッド要素群中の中心要素を説明する図である。

【図8】本発明の実施形態に係る解析モデル変換方法における要素接続数に応じたシェル要素生成の処理詳細を示すフローチャートである。

【図9】要素接続数3の場合における要素及び節点の関係を説明する図である。

【図10】要素接続数5の場合における要素及び節点の関係を説明する図である。

【図11】要素接続数7の場合における要素及び節点の関係を説明する図である。

【図12】要素接続数3の場合におけるシェル要素生成の処理詳細を示すフローチャートである。

【図13】要素接続数3の場合における中心要素探索を説明する図である。

【図14】要素接続数3の場合における頂点となる節点の抽出を説明する図である。

【図15】要素接続数3の場合における頂点となる節点の組み合わせ決定を説明する図である。

【図16】要素接続数3の場合における中間節点生成を説明する図である。

【図17】要素接続数3の場合におけるシェル要素生成を説明する図である。

【図18】要素接続数3の場合におけるシェル要素生成の処理詳細を示すフローチャートである。

【図19】要素接続数5の場合における中心要素探索を説明する図である。

【図20】要素接続数5の場合における周辺要素探索を説明する図である。

【図21】要素接続数5の場合における周辺要素探索を説明する図である。

【図22】要素接続数5の場合における新規接続の対象となるシェル要素の節点抽出を説明する図である。

【図23】要素接続数5の場合における中間節点生成を説明する図である。

【図24】要素接続数5の場合におけるシェル要素生成を説明する図である。

【図25】要素接続数7の場合におけるシェル要素生成の処理詳細を示すフローチャートである。

【図26】本発明の実施形態に係る解析結果還元処理の概要を示すフローチャートである。

【図27】シェル要素における変位量のソリッド要素への還元を説明する図である。

【図28】解析結果還元処理における各シェル要素の節点移動量の算出の処理詳細を説明する図である。

【図29】本発明の実施形態に係る解析モデル変換方法における要素接続数に応じたソリッド要素の節点移動の

処理詳細を示すフローチャートである。

【図30】要素接続数3の場合におけるソリッド要素の節点移動の処理詳細を示すフローチャートである。

【図31】要素接続数3の場合におけるソリッド要素の節点移動を説明する図である。

【図32】要素接続数5の場合におけるソリッド要素の節点移動の処理詳細を示すフローチャートである。

【図33】要素接続数5の場合における中心要素及び周辺要素の抽出を説明する図である。

【図34】要素接続数5の場合におけるソリッド要素の節点移動を説明する図である。

【図35】要素接続数7の場合におけるソリッド要素の節点移動の処理詳細を示すフローチャートである。

【図36】従来技術におけるCAEツールを用いた解析手順を示す図である。

【図37】解析モデルにおけるシェル要素及びソリッド要素を説明する図である。

【図38】解析モデルにおけるソリッド要素及びシェル要素を説明する図である。

【符号の説明】

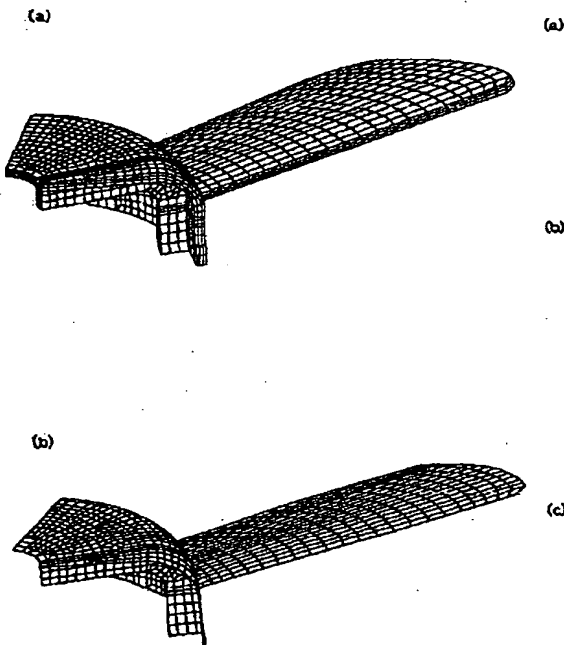
SDEL1~14 ソリッド要素

SHEL1~5 シェル要素

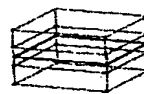
sdND1~8 ソリッド要素の節点

shND1~4 シェル要素の節点

【図3】



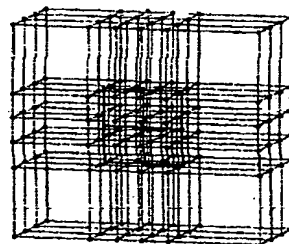
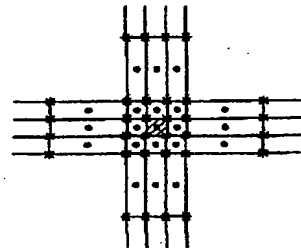
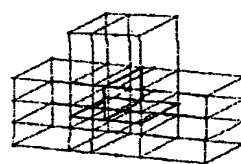
【図4】



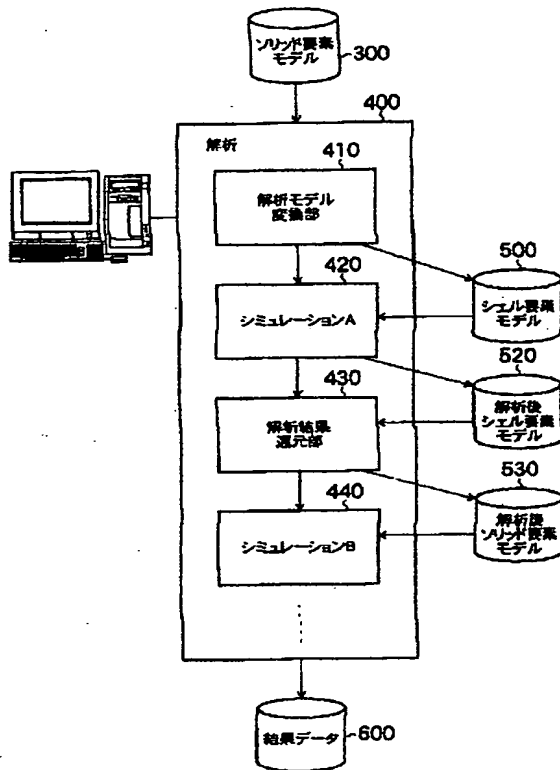
【図9】



【図11】



【図1】



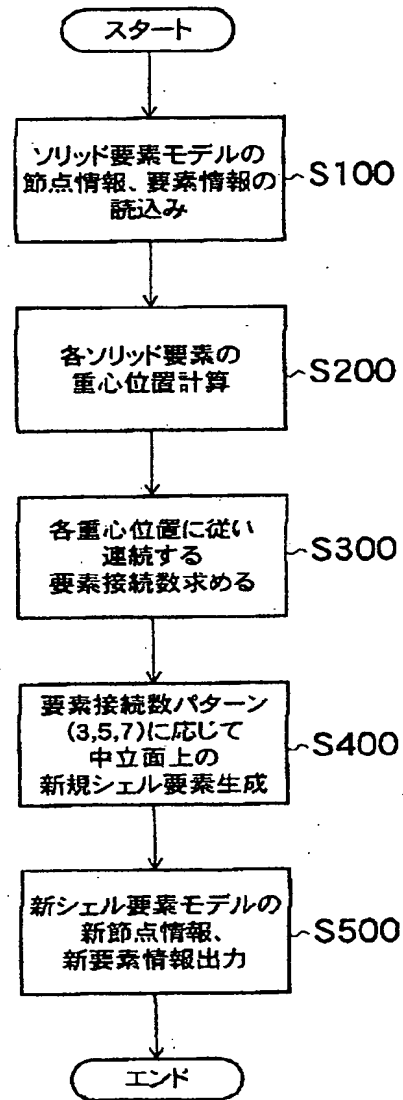
【図5】

- (変) SOEL_n : 入力されたソリッド要素数
 (変) SHEL_n : 新規作成のシェル要素数
 (変) SHND_n : 新規作成のシェル要素の節点数
 (ベ) 節点情報 : {節点番号, x座標, y座標, z座標}
 (配) 要素情報 : {要素番号, 要素構成節点1, ~節点8}
 (ベ) 新節点情報 : {節点番号, x座標, y座標, z座標}
 (配) 新要素情報 : {要素番号, 要素構成節点1, ~節点4, 形状テーブル番号, 対応するソリッド要素番号}
 (配) EL_Coin() : {要素接続数, 接続要素番号1, ~番号n} Max10まで
 (ベ) EL_Grav() : {要素番号, x座標, y座標, z座標}
 (配) NDMV_Coin() : {節点移動の重複回数}

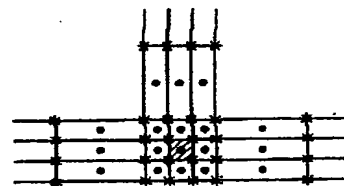
【図17】



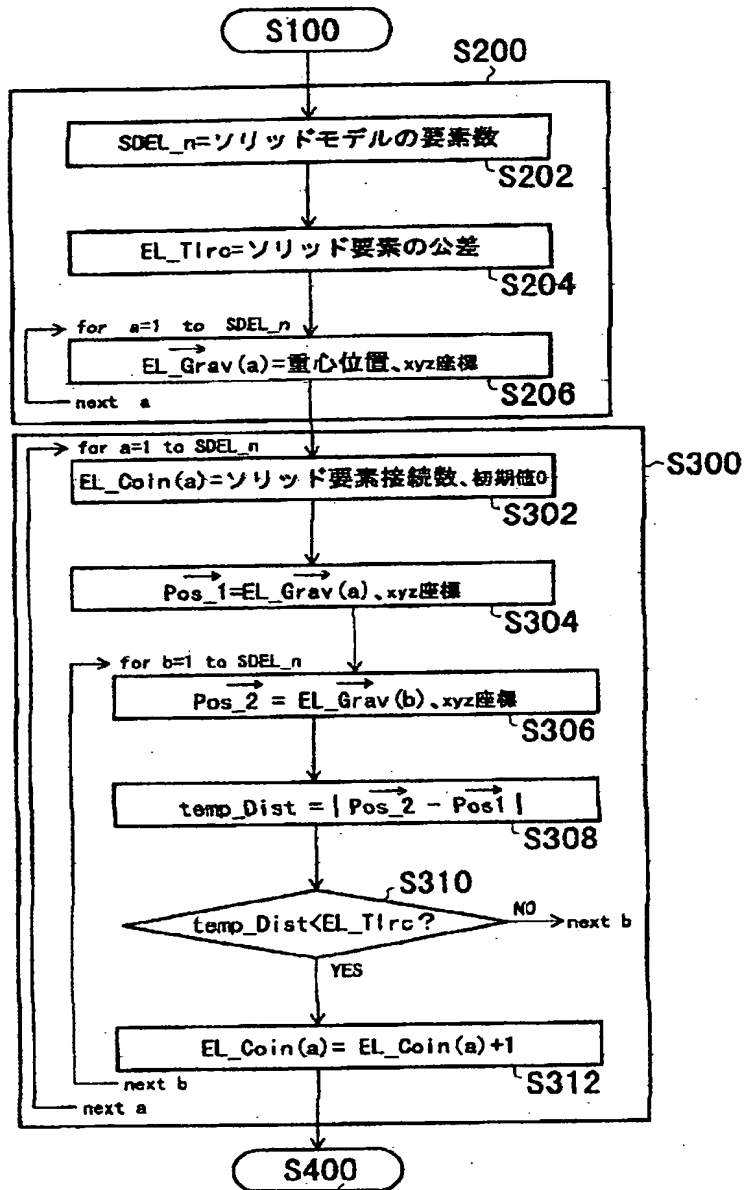
【図2】



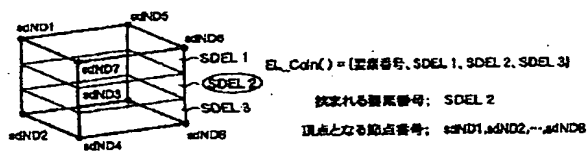
【図10】



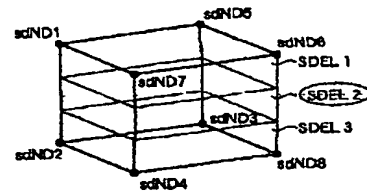
【図6】



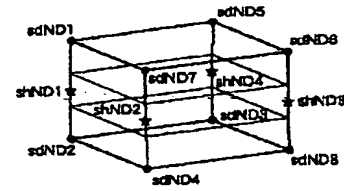
【図14】



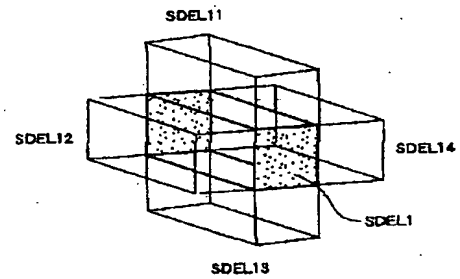
【図15】



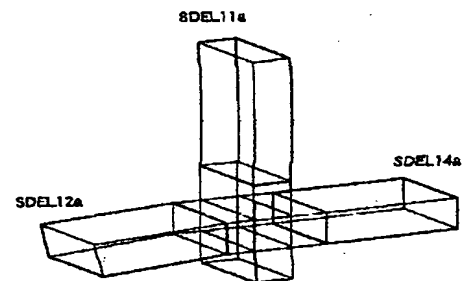
【図16】



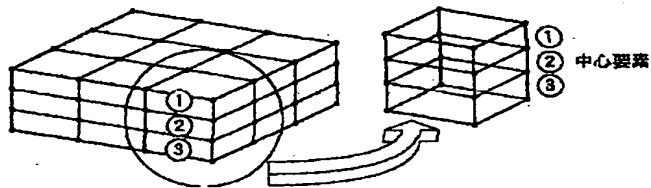
【図19】



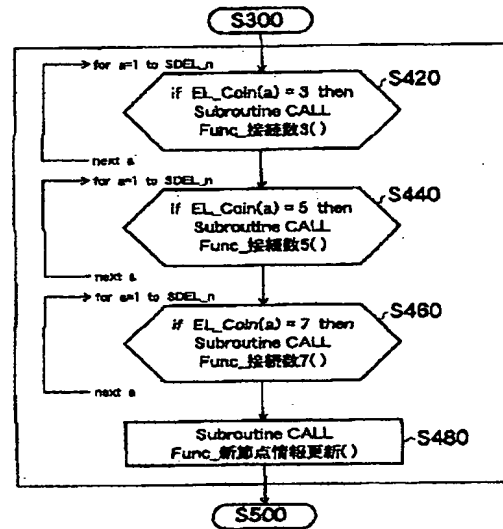
【図20】



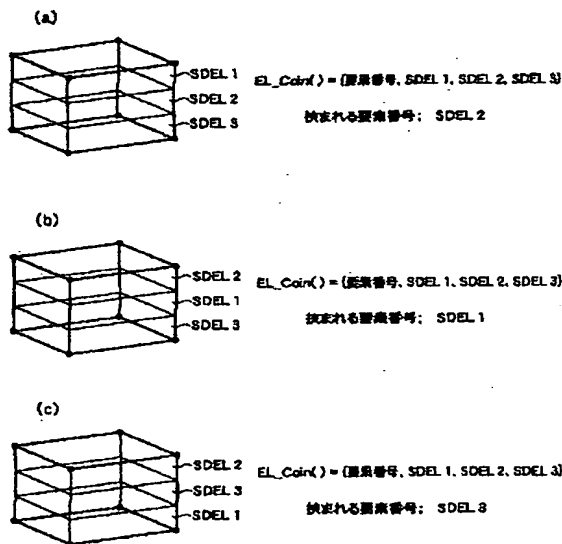
【図7】



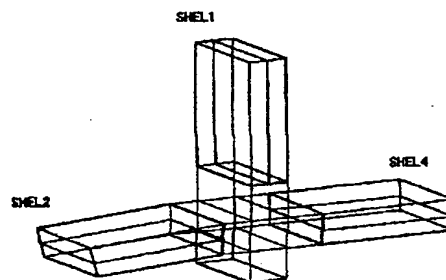
【図8】



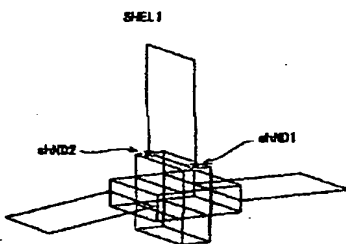
【図13】



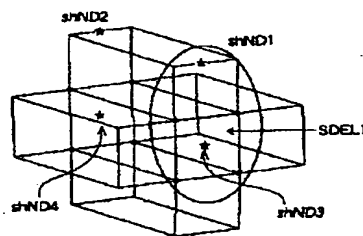
【図21】



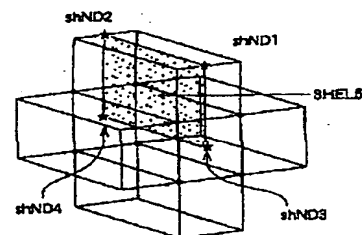
【図22】



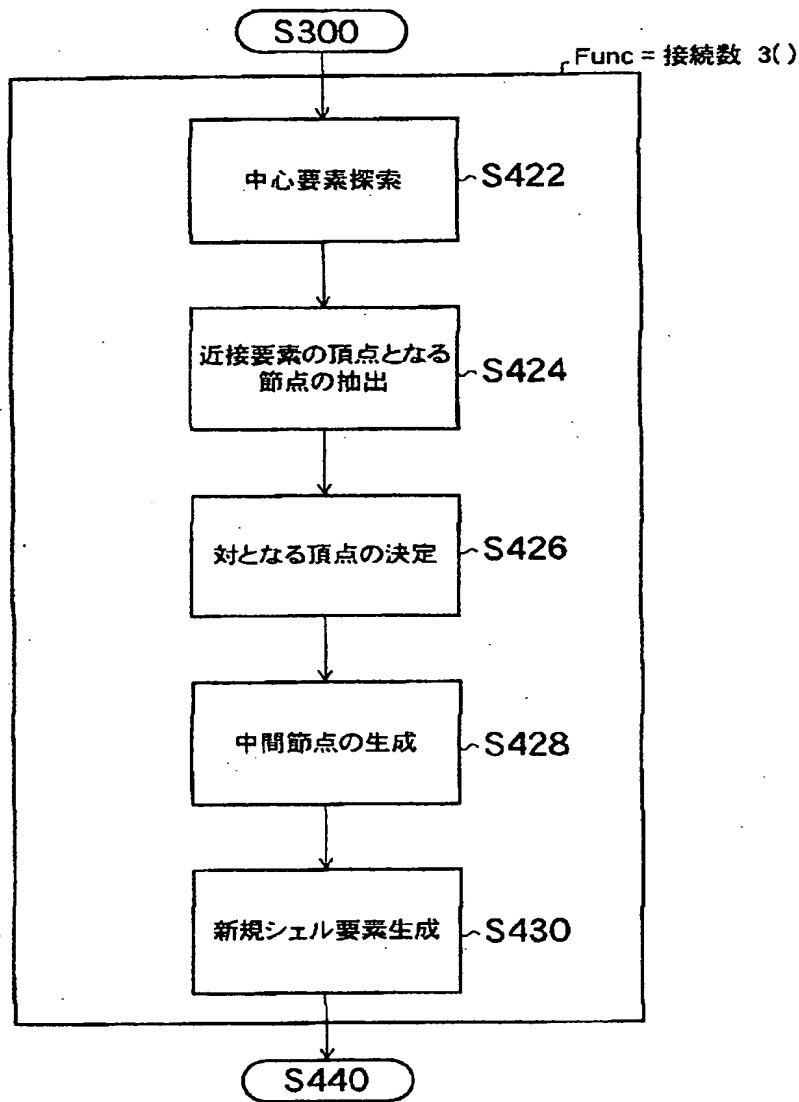
【図23】



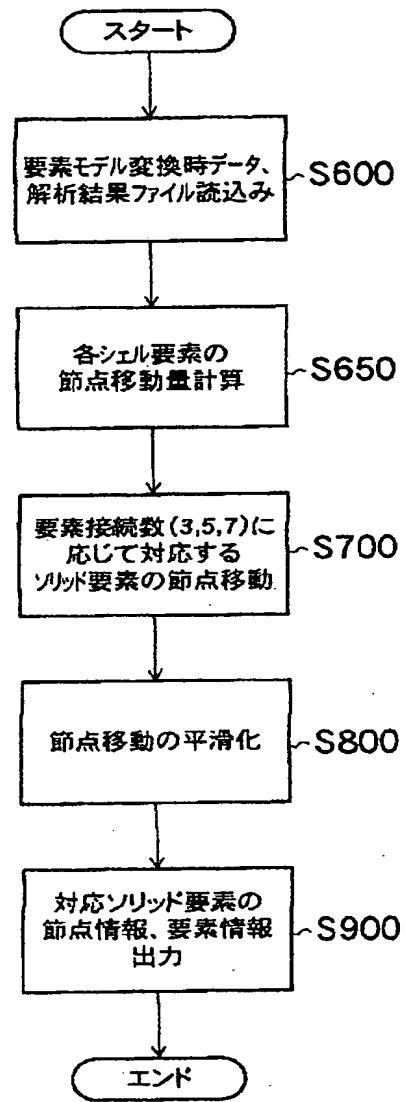
【図24】



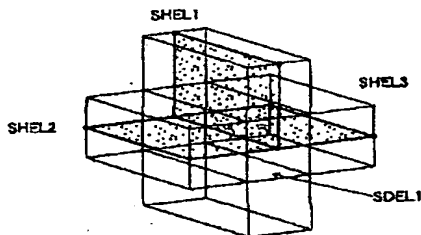
【図12】



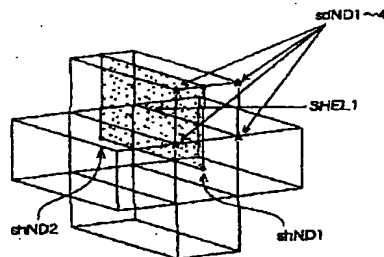
【図26】



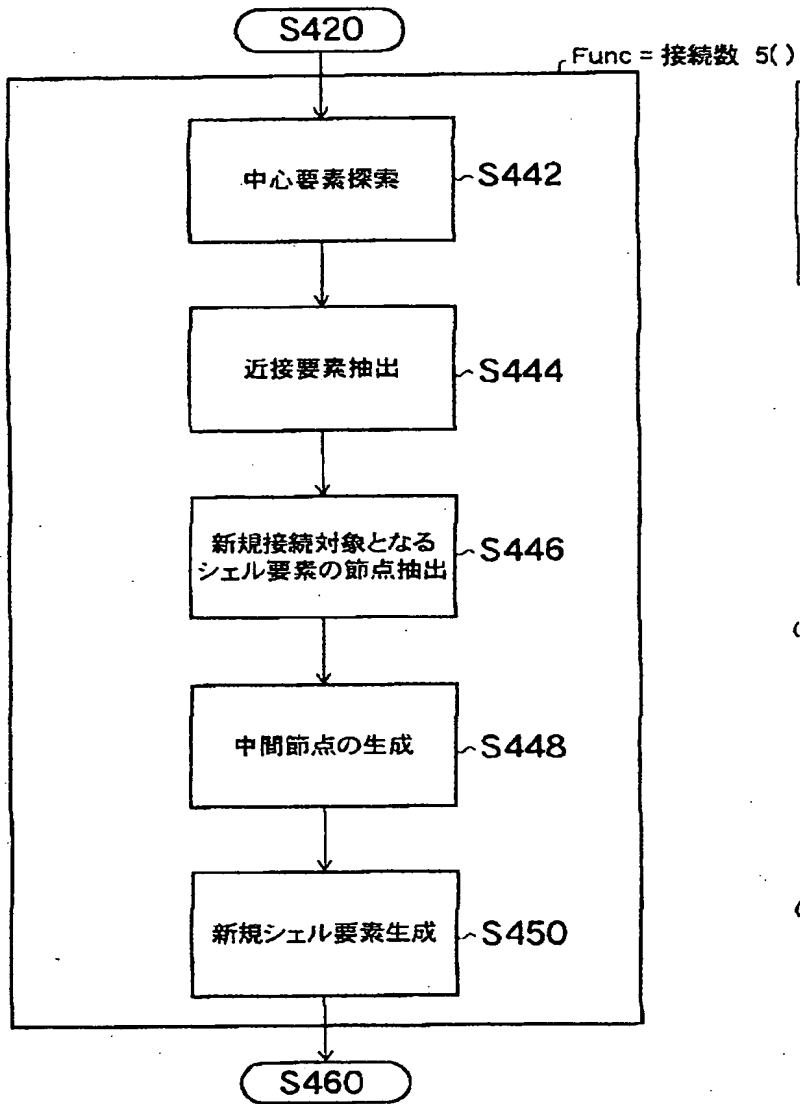
【図33】



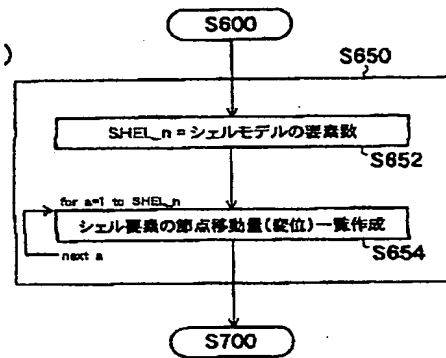
【図34】



【図18】

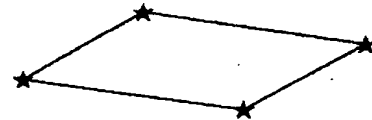


【図28】

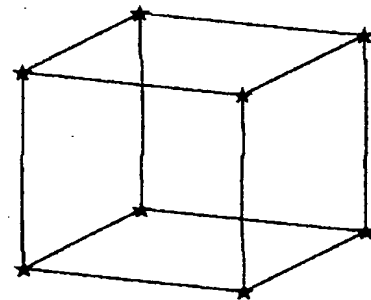


【図37】

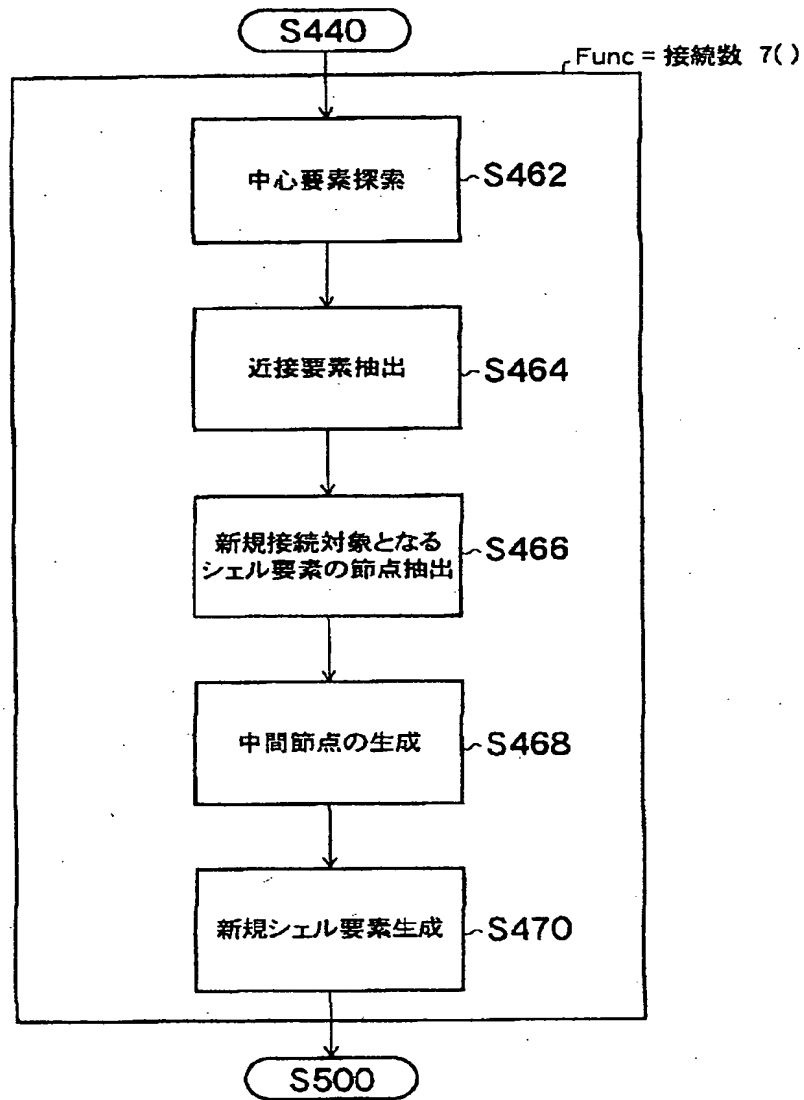
(a)



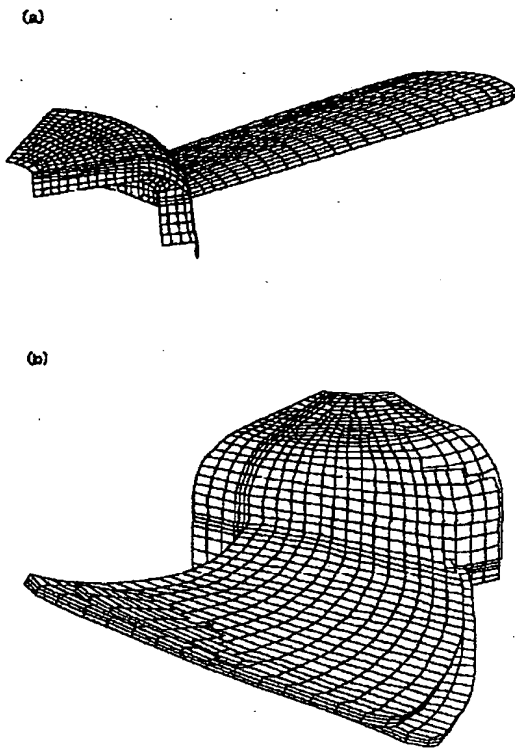
(b)



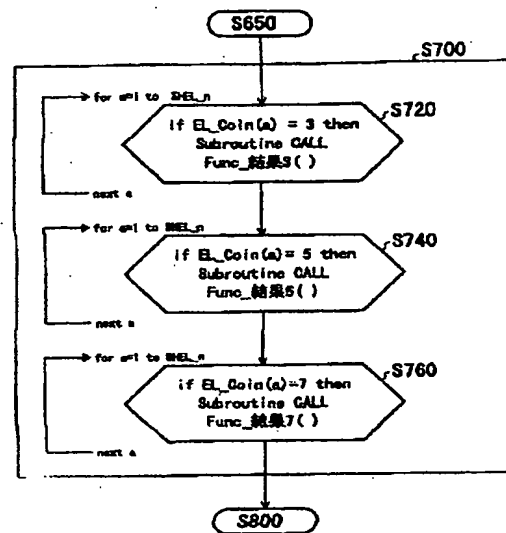
【図25】



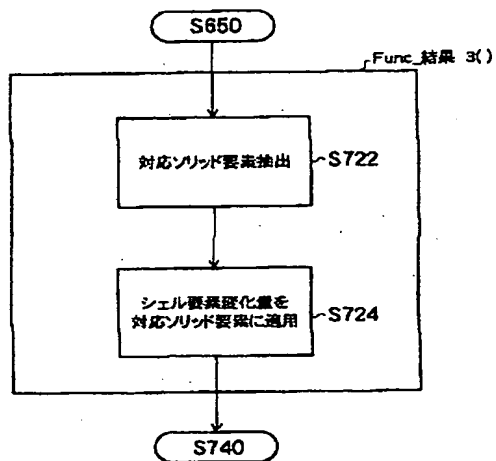
【図27】



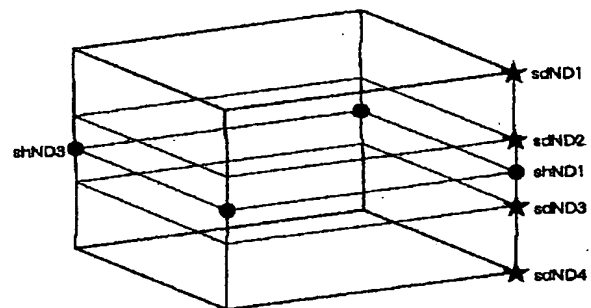
【図29】



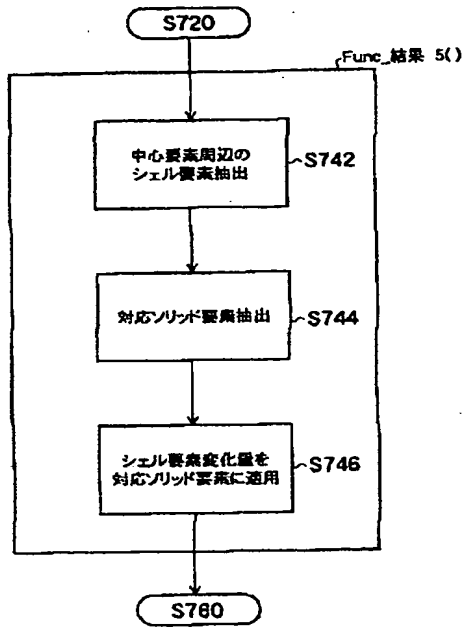
【図30】



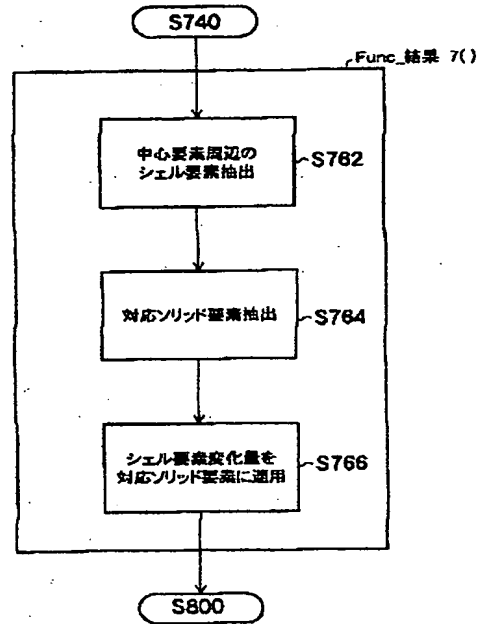
【図31】



【図32】

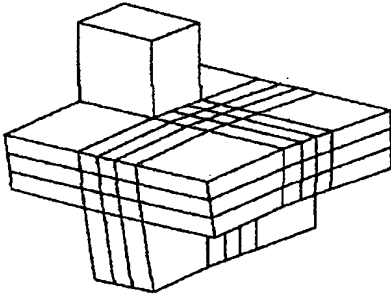


【図35】

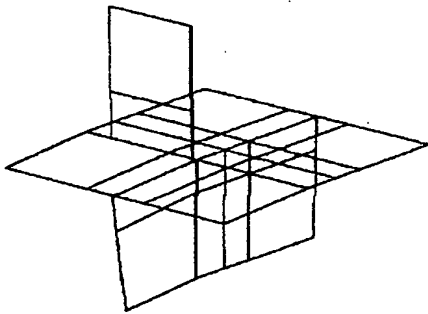


【図38】

(a)



(b)



【図36】

